

(51)IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
			H 0 1 L 21/30	5 2 7
				5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-219469
(22)出願日 平成8年(1996)8月1日

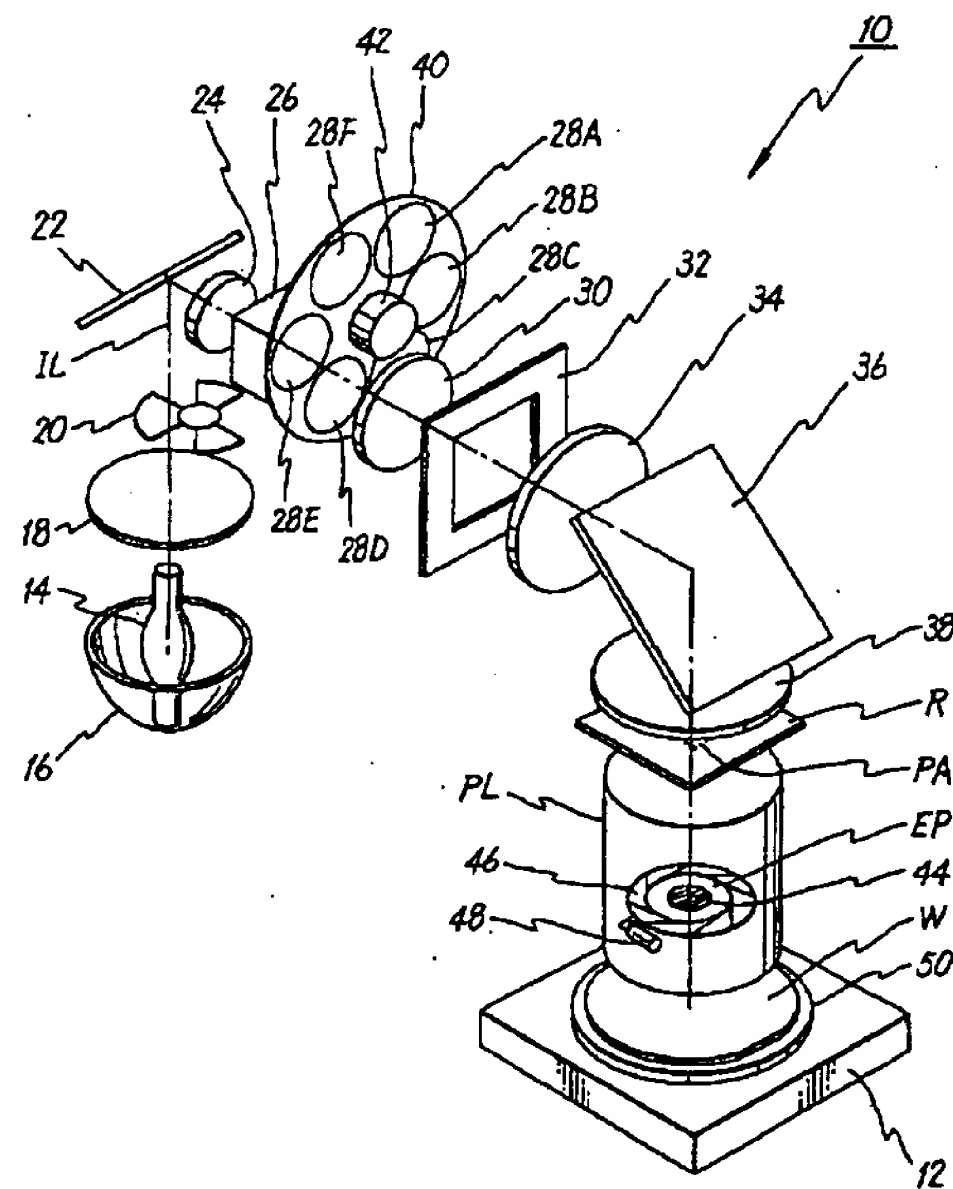
(71)出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者 蛭川 茂
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【課題】 ライン系、ホール系いずれのパターンに対しても良好な結像特性を発揮させるとともに組み立て時の困難性を解消する。

【解決手段】 固定の瞳フィルタ(44)を設けることによりフィルタの挿脱機構を不要とする。また、照明系開口絞り切替機構(40、42)によりマスク(R)に形成されたパターン(PA)の密集度に応じて、照明系開口絞り(28A~28F)を選択的に照明光の光路上に設定可能となっている。このため、瞳フィルタの遮光部のエネルギー吸収が大きくなるライン系パターンの露光の際には、輪帯状開口絞り(28C、28D)を、瞳フィルタの遮光部のエネルギー吸収が殆どないホール系パターンを露光する際には、円形開口絞り(28B)を照明光の光路上に設定することにより、前者では瞳フィルタの温度上昇による結像特性の悪化が防止され、また、後者では、焦点深度が向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明系からの照明光によりマスクを照明し、当該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光材が塗布された基板上に転写する投影露光装置であって、

前記投影光学系の瞳面又はその近傍に固定された中心遮光型の瞳フィルタと；少なくとも一種類の円形開口絞りと少なくとも一種類の輪帯状開口絞りを含む少なくとも2つの照明系開口絞りを前記照明系内の照明光の光路上に選択的に設定可能な照明系開口絞り切替機構とを有する投影露光装置。

【請求項2】 前記投影光学系の瞳面又はその近傍に当該投影光学系の開口数を可変にする開口数可変機構を更に備えていることを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報を入力する入力手段と、この入力された情報に応じて前記照明系開口絞り切替機構を制御する制御手段とを更に有することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項4】 露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報及び投影光学系の開口数の設定に関連する情報を入力する入力手段と、この入力された情報に応じて前記照明系開口絞り切替機構とともに前記開口数可変機構を制御する制御手段とを更に有することを特徴とする請求項2に記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記照明系開口絞り切替機構は、輪帯比の異なる複数の輪帯状開口絞りを含む複数の照明系開口絞りを照明系内の照明光の光路上に選択的に設定可能であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置に係り、さらに詳しくは半導体素子、液晶表示素子、あるいは薄膜磁気ヘッド等の製造のリソグラフィ工程に用いられる投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近では、半導体素子の高集積化及びパターン線幅の微細化に伴い、投影露光装置にも一定の焦点深度を保ったままでの、より微細なパターンの転写能力がますます要求されるようになってきた。

【0003】ところで、転写すべきパターンは、大きく分けていわゆるライン・アンド・スペース等の周期性を持つ密集パターンと、周期性のない孤立パターンに分類される。

【0004】前者の周期性を持つパターンについては、回折光が特定の方向に発生することから、特願平2-408096号に開示されるように、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）を照明する光のレチ

クルへの入射角度を制限することにより、微細パターンに対する焦点深度を確保することができる。この技術は、一般に変形照明と呼ばれている。

【0005】これに対して、後者の孤立パターンでは、回折光は特定の方向にのみ発生するものではないため、上記の変形照明の技術を利用しても焦点深度が増大しない。このような孤立パターンの代表例がコンタクトホールのようなホールパターンである。このホールパターンの露光の際の焦点深度増大のための技術としては、特公平4-10209号に開示されるような、焦点位置を変えて複数回露光を行ういわゆる累進焦点露光に関する「FLEX」と呼ばれる技術が知られている。その他、投影光学系の瞳面に、局部的に光の位相や強度、偏向等の状態を変化させる、いわゆる中心遮光型の瞳フィルタを配置する技術も知られている。この瞳フィルタを用いる場合には、上記「FLEX」と比較すると、露光量マージンを多少大きく設定することができ、また、レチクルの誤差の影響を殆ど受けることがないという利点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の投影露光装置において、投影光学系に中心遮光型の瞳フィルタを装着した場合には、次の①、②のような特徴が見られる。

【0007】① ライン系のパターンを露光する際には、レチクルを透過する光のエネルギーが大きく、遮光部材の温度上昇が生じ、その熱がレンズを構成するガラス部材の屈折率や面形状を変化させ、結像性能の劣化の原因となる。

【0008】② ライン系のパターンでは、中心部を遮光することにより、結像性能の劣化が見られる。この反面、ホール系のパターンでは瞳フィルタにより結像性能が向上する。

【0009】上記①、②の特徴に鑑み、従来の投影露光装置では、ライン系のパターンの露光の際には瞳フィルタ「無し」、ホール系のパターンの露光の際には瞳フィルタ「有り」の状態を作れるように、瞳フィルタの挿脱機構（交換機構）が設けられていた。一方、ライン系のパターンとホール系のパターンとでは最適なレンズN.A.が異なるため、N.A.（開口数）の可変機構として可変絞りが投影光学系の瞳面の近傍に設けられることが多かった。

【0010】このため、絞りの可変機構とフィルタの挿脱機構とが干渉して装置の組み立てが困難になることがあった。

【0011】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的は、ライン系、ホール系いずれのパターンに対しても良好な結像特性を発揮するとともに組み立て時の困難性を解消することができる投影露光装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、照明系（14～38）からの照明光によりマスク（R）を照明し、当該マスク（R）に形成されたパターン（PA）の像を投影光学系（PL）を介して感光材が塗布された基板（W）上に転写する投影露光装置であって、前記投影光学系（PL）の瞳面（EP）又はその近傍に固定された中心遮光型の瞳フィルタ（44）と；少なくとも一種類の円形開口絞り（28A、28B）と少なくとも一種類の輪帯状開口絞り（28C、28D）とを含む少なくとも2つの照明系開口絞り（28A～28F）を照明系内の照明光の光路上に選択的に設定可能な照明系開口絞り切替機構（40、42）とを有する。

【0013】これによれば、固定の瞳フィルタ（44）が設けられていることから、フィルタの挿脱機構が不要となり、その分装置の構成が簡略化される。また、照明系開口絞り切替機構（40、42）によりマスク（R）に形成されたパターン（PA）の密集度に応じて、すなわちマスクの透過率に応じて照明系開口絞り（28A～28F）を選択的に照明光の光路上に設定可能となっていることから、例えばマスクの透過率が高く、瞳フィルタの遮光部のエネルギー吸収が大きくなるライン系パターンの露光の際には、瞳フィルタ遮光部を照明する部分が遮光部であるような照明系開口を持つ輪帯状開口絞り（28C、28D）を照明系内の照明光の光路上に設定することにより、瞳フィルタの温度上昇が抑制され、屈折率や平面度の変化に伴う結像特性の悪化が防止される。また、例えば、マスクの透過率が低く、瞳フィルタの遮光部のエネルギー吸収が殆どないホール系パターンを露光する際には、瞳フィルタの遮光部を積極的に照明してレチクル透過光を除去できるように、円形開口絞り（28B）を照明系内の照明光の光路上に設定することにより、焦点深度が向上する。

【0014】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、前記投影光学系（PL）の瞳面（EP）又はその近傍に当該投影光学系の開口数を可変にする開口数可変機構（46、48）を更に備えていることを特徴とする。これによれば、固定の瞳フィルタが設けられていることから、フィルタの挿脱機構が不要となるとともに、このフィルタ挿脱機構との干渉を考慮することなく、開口数可変機構（46、48）の装置への組み付けが容易となる。また、開口数可変機構（46、48）により、露光量制御性が重視される場合には開口数を大きく設定し、焦点深度の増大が重視されるような場合には開口数を小さく設定することが可能になる。

【0015】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報を入力する入力手段（54）と、この入力された情報に応じて前記照明系開口絞り切替機構を制御する制御手段（52）とを更に有すること

を特徴とする。これによれば、入力手段（54）を介して露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報が入力されると、制御手段（52）ではこの入力された情報に応じて照明系開口絞り切替機構（40、42）を制御する。このため、上記の情報を入力手段により入力するだけで、制御手段によりその露光に最適な照明系開口絞り（28A～28F）が照明光の光路上に自動的に設定されるので、オペレータの負荷が軽減され、誤操作の可能性も小さくできる。

【0016】ここで、照明系開口絞りの選択に関連する情報としては、直接的な照明系開口絞りの選択指令であっても良いが、露光に用いられるマスクパターンに対応した装置環境情報の選択指令であってもよい。この場合には、種々のマスクパターンに対応した装置環境情報のデータファイルが記憶された記憶手段（56）を予め用意し、制御手段（52）が入力された装置環境情報の選択指令に対応する装置環境情報を記憶手段から読み出し、これに基づいて照明系開口絞り切替機構（40、42）を制御するように構成しても良い。あるいは装置環境情報の代わりにマスクパターンについての情報を照明系開口絞りの選択に関連する情報として用いても良く、この場合には、制御手段がそのマスクパターンの露光に最適な照明系開口絞りを照明光の光路上に設定するようにすることも可能である。

【0017】請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の投影露光装置において、露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報及び投影光学系の開口数の設定に関連する情報を入力する入力手段と、この入力された情報に応じて前記照明系開口絞り切替機構とともに前記開口数可変機構を制御する制御手段とを更に有することを特徴とする。これによれば、入力手段を介して露光に用いられる照明系開口絞りの選択に関連する情報及び投影光学系の開口数の設定に関連する情報が入力されると、制御手段ではこの入力された情報に応じて照明系開口絞り切替機構とともに開口数可変機構を制御する。このため、上記の情報を入力手段により入力するだけで、制御手段によりその露光に最適な照明系開口絞りが照明光の光路上に自動的に設定されるとともに、投影光学系の開口数が所望の値に制御されるるので、オペレータの負荷が軽減され、誤操作の可能性も小さくできる。

【0018】ここで、照明系開口絞りの選択に関連する情報及び投影光学系の開口数の設定に関連する情報としては、直接的な照明系開口絞りの選択指令及び所望の開口数の設定指令であっても良いが、露光に用いられるマスクパターンに対応した装置環境情報の選択指令であってもよい。この場合には、種々のマスクパターンに対応した装置環境情報のデータファイルが記憶された記憶手段を予め用意し、制御手段が入力された装置環境情報の選択指令に対応する装置環境情報を記憶手段から読み出し、これに基づいて照明系開口絞り切替機構及び開口数

可変機構を制御するように構成しても良い。

【0019】請求項5に記載の発明は、請求項1ないし4のいずれか一項に記載の投影露光装置において、前記照明系開口絞り切替機構は、輪帯比の異なる複数の輪帯状開口絞りを含む複数の照明系開口絞りを照明系内の照明光の光路上に選択的に設定可能であることを特徴とする。

【0020】一般に、照明系開口絞りの輪帯比が同じである場合、マスクのパターン線幅が微細になるほど、±1次の回折光の角度大きくなり、1次回折光が投影光学系の瞳面を通らなくなると感光基板上にパターンの像が形成されなくなる場合があるが、このような場合に、照明系開口絞りの輪帯比を大きくすると、同じ線幅のパターンより生じる±1次の回折光が投影光学系の瞳面を通るようになって、パターンの像が感光基板上に形成されることが知られている。

【0021】この請求項5に記載の発明によれば、照明系開口絞り切替機構は、輪帯比の異なる複数の輪帯状開口絞りを含む複数の照明系開口絞りを照明系内の照明光の光路上に選択的に設定可能であることから、この照明系開口絞り切替機構により、パターン線幅に応じた輪帯比を有する輪帯状開口絞りを照明系内の照明光の光路上に設定することが可能になり、種々の線幅のパターンの露光への対処が可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図5に基づいて説明する。

【0023】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の構成が概略的に示されている。

【0024】この投影露光装置10は、光源14を含む照明系と、この照明系からの照明光により照明されたマスクとしてのレチクルR上に形成されたパターンPAを感光基板としてのウエハW上に投影露光する投影光学系PLと、この投影光学系PLの下方で感光基板としてのウエハWを保持して光軸直交面内で2次元移動可能なウエハステージ12等とを備えている。

【0025】前記照明系は、照明光源としての高圧水銀灯14と、楕円鏡16、干渉フィルタ18、シャッタ20、ミラー22、インプットレンズ24、フライアイレンズ26、照明系開口絞り28（28A～28F）、第1リレーレンズ30、ブラインド32、第2リレーレンズ34、ミラー36及びメインコンデンサーレンズ38等から成る照明光学系とから構成されている。

【0026】ここで、この照明系の構成各部についてその作用とともに説明する。高圧水銀灯14から発せられた照明光ILは楕円鏡16によって第2焦点に集光された後、干渉フィルタ18により、露光に必要な波長スペクトル、例えば波長365nmのi線のみが取り出される。ここで、露光光としてはi線その他、波長436nmのg線を用いてもよく、また複数種類の波長の光の混合

でも良い。なお、水銀ランプ14に代えて、KrF（波長：248nm）、ArF（波長：193nm）のような遠紫外領域のパルス光を発するエキシマレーザ等によって照明光源を構成してもよい。

【0027】干渉フィルタ18の近傍にシャッタ駆動機構機構58（図1では図示せず、図3参照）により開閉されるシャッタ20が配置され、シャッタ20が開状態の場合、その照明光IL（i線成分）はミラー22及びインプットレンズ24を介してほぼ平行光束に変換された後、フライアイレンズ26に入射する。このフライアイレンズ26の射出面は、水銀ランプ14と共役な位置関係になっており、二次光源面を構成している。

【0028】前記インプットレンズ24は、実際には、曲率半径の異なる複数のレンズエレメントを備えており、その内の任意のものをレンズ選択機構60（図1では図示せず、図3参照）によって選択的に照明光の光路上に設定可能となっている。これは、後述するように、照明光学系の開口数（N.A.）を絞る、すなわち照明光学系の開口数の投影光学系の開口数に対する比の値であるコヒーレンスファクタ（ σ 値）を小さくすることにより、所定のパターンに対する焦点深度の向上が図られるが、このように σ 値を小さくするときには、レチクルRを照明する照明光の照度が減少するので、かかる照明光の照度の減少を防止する手段として、フライアイレンズ26の入射面での照明領域の大きさを調整できるようにするためである。

【0029】フライアイレンズ26の二次光源面を構成する各二次光源（エレメント）を発した光は、照明系開口絞り28（これについては、後述する）、第1リレーレンズ30、ブラインド32、第2リレーレンズ34を通過後、ミラー36で折り曲げられ、メインコンデンサーレンズ38を介して、前記二次光源面とフーリエ変換の位置関係にあるレチクルRを照明する。フライアイレンズ26の個々のレンズエレメントがメインコンデンサーレンズ38を介してレチクルRを照明することにより、オプティカルインテグレータの役割を果たしている。従って、レチクルR上のパターン露光領域内を均一に照明することができる。

【0030】ここで、図1では開口形状が固定のブラインドが図示されているが、レチクルRのパターン領域のサイズ変更等を考慮して、開口形状が可変な可変ブラインドを用いても良い。

【0031】フライアイレンズ26の射出面の近傍には、前記照明系開口絞り28が配置されており、この開口絞り28によりレチクルRを照明する照明光の空間的コヒーレンシーを制御している。一般的に空間的コヒーレンシーは、投影光学系PLの開口数と照明光学系の開口数の比である前記コヒーレンスファクタ（ σ 値）であらわされる。

【0032】照明系開口絞り28は複数種類（ここで

は、6種類)のものを、照明系開口絞り切り替え機構により切り替え可能に構成されている。これを更に詳述すると、この照明系開口絞り切り替え機構は、図2に拡大して示されるように、6種類の遮光部の形状の異なる照明系開口絞り28A~28Fが等角度間隔で配置された照明系開口絞り板(レボルバー)40と、このレボルバー40を回転させるロータリモータより成るレボルバー駆動機構42とから構成される。この図2において、符号28Aは小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り(以下、「小 σ 絞り」と呼ぶ)を示し、符号28Bは円形開口より成る通常照明用の開口絞り(以下、「通常絞り」と呼ぶ)を示す。また、符号28C、28Dは輪帯照明用の照明系開口絞り示し、この内、照明系開口絞り28Cは輪帯比(中心部の遮光部の直径と周囲の透光部の外径との比)が例えば1/4とされ、照明系開口絞り28Dは輪帯比が例えば1/2とされている。そこで、輪帯比の小さい方の照明系開口絞り28Cを以下「小輪帯絞り」と呼び、輪帯比の大きい方の照明系開口絞り28Dを以下「大輪帯絞り」と呼ぶものとする。符号28D、28Fは変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置して成る変形開口絞りを示し、この内一方の照明系開口絞り28Eを以下「四つ目絞り」呼び、他方の照明系開口絞り28Fを以下「二つ目絞り」と呼ぶものとする。

【0033】上述したようなレボルバー40をレボルバー駆動機構42によって回転させることにより、開口絞り28A~28Fの内の所望の開口絞りを選択可能となっており、このレボルバー駆動機構42が後述するメインコンピュータ52により駆動制御され、レボルバー40の回転角が制御される。

【0034】レチクルRは、水平面内で微動可能な不図示のレチクルステージ上に載置されており、レチクルRのパターン領域の中心を投影光学系PLの光軸上に位置合わせできるようになっている。レチクルRを照明した照明光は、レチクルR上のパターンにより回折され、投影光学系PLに入射する。

【0035】前記投影光学系PLは、レチクルRの下方でその光軸方向を鉛直軸方向として不図示の本体コラムに保持され、鉛直軸方向(光軸方向)に所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメント(屈折光学素子)とこれらのレンズエレメントを保持する鏡筒から成り、この投影光学系の瞳面EPは、前記二次光源面と互いに共役な位置関係となっており、レチクルR面とフーリエ変換の位置関係となっている。また、投影レンズPLの瞳面EP上にはその中心部が遮光部でそれ以外の部分は光を透過させる固定式の瞳フィルタ44が設けられている。さらに、瞳面EP近傍には開口絞り46が配されており、この開口絞り46の開口の大きさを変えることにより投影光学系PLの開口数(N.A.)を自在に調整することができる。開口絞り46としては、ここでは虹彩

絞りが用いられ、絞り駆動機構48により開口絞り46の開口径を変えることで、投影光学系PLの開口数は、所定範囲、例えば0.50~0.63の範囲で可変となっている。すなわち、本実施形態では開口絞り46と絞り駆動機構48とによって開口数可変機構が構成されている。絞り駆動機構46も後述するメインコンピュータ52により制御される。

【0036】この開口絞り46及び瞳フィルタ44を通過した回折光が、レチクルRと互いに共役な位置関係に置かれたウエハW上での結像に寄与することになる。

【0037】上述のようにして照明光で照明されたレチクルR上のパターンの像が、投影光学系PLを介して所定の投影倍率(例えば1/4、又は1/5等)でウエハステージ12上のウエハW上に投影され、ウエハW上の所定の領域にパターンの縮小像が形成される。

【0038】ウエハステージ12は、ステージ駆動機構(図1では図示せず、図2参照)によって水平面内でXY2次元方向に駆動されるようになっており、このウエハステージ12上にウエハホルダ50を介してウエハWが吸着保持されている。

【0039】図3には、投影露光装置10の制御系の主な構成が概略的に示されている。この制御系は、制御手段としてのメインコンピュータ52を中心に構成され、このメインコンピュータ52には、入力手段としてのコンソール54、露光データファイルその他が記憶されたディスク装置56、シャッタ駆動機構58、レンズ選択機構60、レボルバー駆動機構42、絞り駆動機構48及びステージ駆動機構62等が接続されている。

【0040】ここで、上述のようにして構成された投影露光装置10における照明条件の切り替え動作について説明する。

【0041】オペレータによりコンソール54を介して露光データファイルが指定されると、メインコンピュータ52ではディスク装置56からその露光データファイルを内部メモリ(図示せず)に読み込む。なお、この露光データファイルの取り込みは、不図示のネットワーク上のコンピュータを介して行っても良い。露光データファイルには、露光のショットマップ、露光時間、フォーカス設定、位置合せ用マーク位置や計測方法等の情報とともに、露光に使用する投影レンズN.A.の値、照明系開口絞りの形状等のデータが書かれている。

【0042】次に、メインコンピュータ52は読み込んだ露光データファイルに基づいて、レボルバー駆動機構42を介してそのデータにより指定された照明系開口絞り28(28A~28Fのいずれか)が照明光の光路上に設定されるようにレボルバー40の回転角度を制御すると同時に、絞り駆動機構48を介して投影レンズN.A.の値が指定された値となるように開口絞り46の開口径を調整する。この時同時に、メインコンピュータ52ではレンズ選択機構60を介してインプットレンズ2

4のエLEMENTの選択を行い、照明条件に応じて照度が最適になるようにする。なお、インプットレンズ24の位置の調整機構を設け、これをメインコンピュータ52が制御することにより照明テレセン等が最適になるようにしてもよい。

【0043】ここで、例えば、 $0.35\mu\text{m}$ のホールパターンを露光する場合には、投影レンズN. A. は0.63に、 $0.35\mu\text{m}$ ライン・アンド・スペースパターンを露光する場合には、投影レンズN. A. は0.55に設定される。

【0044】また、照明系N. A. は最大0.4となっており、ホールパターンを露光する際には照明系NA0.30の通常絞り28B、ライン・アンド・スペースパターンを露光する際には照明系NA0.40の輪帯比1/2の大輪帯絞り28Dが選択される。

【0045】図4には、本実施形態に係る投影露光装置10と同様に瞳フィルタ（遮光部の径がNA0.11に相当する寸法となっている）を用いた場合と、従来の投影露光装置と同様瞳フィルタを用いない場合との、種々のレチクルパターン露光時の空間像のシミュレーションによる計算結果の比較が示されている。

【0046】この内、図4（A）には $0.35\mu\text{m}$ 幅の5本のライン・アンド・スペースパターン（以下、適宜「Aパターン」という）の透過光の分布が横軸を位置、縦軸を光の振幅として示されている。同様に、図4

（B）には $0.35\mu\text{m}$ 幅の孤立ラインパターン（以下、適宜「Bパターン」という）の透過光の分布が横軸を位置、縦軸を光の振幅として示され、図4（C）には $0.35\mu\text{m}$ 径の孤立ホールパターン（以下、適宜「Cパターン」という）の透過光の分布が横軸を位置、縦軸を光の振幅として示されている。これらの場合、遮光部の透過率が0の通常レチクルが使用されている。

【0047】図4（D）、（E）、（F）には、瞳フィルタを使用しない場合のAパターン、Bパターン、Cパターンの空間像の形状（横軸は位置、縦軸は光の強度）がそれぞれ示され、また、図4（G）、（H）、（I）には、固定式の瞳フィルタを使用した場合のAパターン、Bパターン、Cパターンの空間像形状（横軸は位置、縦軸は光の強度）がそれぞれ示されている。これら図4（D）～（I）において、太線はベストフォーカスでの像、細線はベストフォーカス像に形状に近い順に 0.4 、 0.8 、 1.2 、 $1.6\mu\text{m}$ デフォーカス像を示す。

【0048】また、図4（D）、（E）、（G）、（H）では、照明系N. A. が0.4で輪帯比1/2の1/2輪帯照明が行われ、（F）、（I）では照明系N. A. が0.3の小 σ 照明が行われる。

【0049】ここで、図4の（D）と（G）、（E）と（H）はほとんど空間像の形状が同一であるのに対して、（F）と（I）では、（I）の方がデフォーカス時

の像の形状変化が小さいことがわかる。換言すれば、

（F）に比べて（I）の瞳フィルタを用いた方が焦点深度が増大していることがわかる。

【0050】また、図5には遮光部の透過率が6%であるようなハーフトーンレチクルを用いた場合の、図4に対応する空間像のシミュレーションによる計算結果の比較が示されている。

【0051】図5（A）、（B）、（C）には図4と同様にAパターン、Bパターン、Cパターンの透過光の分布がそれぞれ示され、図5（D）、（E）、（F）には、瞳フィルタを使用しない場合のAパターン、Bパターン、Cパターンの空間像の形状（横軸は位置、縦軸は光の強度）がそれぞれ示され、また、図5（G）、（H）、（I）には、固定式の瞳フィルタを使用した場合のAパターン、Bパターン、Cパターンの空間像形状（横軸は位置、縦軸は光の強度）がそれぞれ示されている。これら図5（D）～（I）において、太線はベストフォーカスでの像、細線はベストフォーカス像に形状が近い順に 0.4 、 0.8 、 1.2 、 $1.6\mu\text{m}$ デフォーカス像を示す。

【0052】また、図5（D）、（E）、（G）、（H）では、照明系N. A. が0.4で輪帯比1/2の1/2輪帯照明が行われ、図5（F）、（I）では照明系N. A. が0.3の小 σ 照明が行われる。

【0053】ここで、図5の（D）と（G）、（E）と（H）はほとんど同一であるのに対して、（F）と（I）では、（I）の方がデフォーカス時の像の形状変化が小さいことがわかる。これより、（F）に比べて（I）の瞳フィルタを用いた方が焦点深度が増大していることがわかる。

【0054】また、（I）の方がレチクル遮光部透過光による一様な強度が（F）よりも小さく、ホール像の両側に見られるサイドローブの強度も小さいことがわかる。これより、（I）の方が本来の像以外の成分によるレジストの膜減り等の悪影響が小さくなることがわかる。

【0055】上記のようなシミュレーション結果を確認するため、本実施形態に係る投影露光装置10を用いて、 $1\mu\text{m}$ 厚のポジ型フォトリソレジストを塗布したシリコンウエハに $0.35\mu\text{m}$ のライン・アンド・スペースパターン、及び孤立ラインパターンを転写したところ、従来の瞳フィルタを使用しない装置と同等の結像性能が得られ、また瞳フィルタの光吸収に伴うフォーカスやディストーションの変化も、従来の装置と同等であり、制御可能な量であることが確認できた。

【0056】また、 $0.35\mu\text{m}$ ホールパターンを遮光部の透過率が0であるような通常レチクルを用いて $1\mu\text{m}$ 厚のポジ型フォトリソレジストを塗布したシリコンウエハに露光したところ、瞳フィルタなしの従来装置に比べて焦点深度が増大し、露光量変化に伴うホール径変化、レ

チクル製造誤差によるホール径のばらつきがともに減少した。さらに、 $0.35\mu\text{m}$ ホールの転写に、遮光部の透過率が6%であるようなハーフトーンレチクルを用いた場合には、焦点深度増大、露光量変化やマスク誤差の影響の低減に加えて、ホール周辺に発生するリング状の膜減りの発生が押さえられることも確認できた。

【0057】次に、①ライン・アンド・スペース密集パ

	①L/S密集	②一般	③孤立
輪帯比	大	0	0
照明系N. A.	大	大	小
瞳フィルタ	無し	無し	有り

【0059】

【表2】

	①L/S密集	②一般	③孤立
輪帯比	大	小	0
照明系N. A.	大	大	小
瞳フィルタ	有り	有り	有り

【0060】これらの表において、輪帯比（大）で照明系N. A.（大）とは、例えば大輪帯絞り28D用いた20照明条件を意味し、輪帯比（0）で照明系N. A.

（大）とは、通常絞り28Bを用いた照明条件を意味し、輪帯比（0）で照明系N. A.（小）とは、小σ絞り28Aを用いた照明条件を意味し、輪帯比（小）で照明系N. A.（大）とは、例えば小輪帯絞り28Cを用いた照明条件を意味する。

【0061】ここで、表2において、①のライン・アンド・スペース密集パターンと②の一般パターンの場合で、輪帯比の異なる照明視野絞りを用いるのは、次の理由による。

【0062】すなわち、照明系開口絞りの輪帯比が同じである場合、レチクルRのパターン線幅が微細になるほど、±1次の回折光の角度が大きくなり、1次回折光が投影光学系PLの瞳面EPを通らなくなってウェハW上にパターンの像が形成されなくなる場合があるが、このような場合に、照明系開口絞りの輪帯比を大きくすると、同じ線幅のパターンから生じる±1次の回折光が投影光学系PLの瞳面EPを通るようになり、パターンの像がウェハW上に形成される。このため、照明系開口絞り切替機構により、パターン線幅の微細な密集パターン40の場合は、輪帯比の大きな大輪帯絞り28Dを照明系内の照明光の光路上に設定し、密集パターンに比べてパターン線幅が大きな一般パターンの場合は、輪帯比の小さな小輪帯絞り28Cを照明系内の照明光の光路上に設定して、いずれの場合も良好なパターン像をウェハW上に形成できるようにする。これにより、種々の線幅のパターンの露光への対処が可能になる。ここで、表2の①、②のいずれの場合も輪帯照明が行われるので、結像性能が従来の瞳フィルタ無しの通常照明条件の場合と殆ど変わらないことは、 $0.35\mu\text{m}$ のライン・アンド・スペ

ターン（微細パターン）、②一般パターン、③孤立パターンを露光する際の、従来の投影露光装置の照明条件を（表1）に、本実施形態に係る投影露光装置10の照明条件を（表2）に示す。

【0058】

【表1】

ースパターン、及び孤立ラインパターンの露光の場合と同様である。

【0063】以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、固定の瞳フィルタ44を用いているにもかかわらず、ラインパターンでは瞳フィルタ遮光部を照明する照明光を除くことにより、瞳フィルタの影響を極めて小さくすることができる一方、ホールパターンに対しては遮光部を積極的に照明することにより、焦点深度の向上を図ることができ、特にハーフトーンレチクル使用時の結像性能を向上させることができる。従って、投影光学系PLの開口絞り駆動機構と瞳フィルター挿脱機構との干渉による装置組み立ての困難性を回避できるとともに、ライン系のパターン、およびホールパターンともに良好な結像性能を得ることができる。特に、ホールパターンに対しては結像性能の向上を図ることが可能であるとともに、フォーカスや倍率の変化といった問題を殆ど生じさせることもない。

【0064】さらに、照明系開口絞りの選択（切り替え）や、開口数の設定が、コンソール54を介して指定された露光データファイル内データに基づいてメインコンピュータ52により自動的になされるので、オペレータの負担が軽減され、誤操作の可能性も小さくできる。

【0065】なお、通常照明と輪帯照明の切り替えのみを行う場合には、データファイルにはライン系パターンかホール系パターンかのみを書いても、それぞれ輪帯照明、通常照明に対応させることができる。また、ウェハステージ12上に照度センサを設け、レチクル透過光の強度を計測し、その強度が基準の強度に対して大であればライン系パターンと判断して輪帯照明、小であればホールパターンと判断して通常照明を行うような自動設定も可能である。

【0066】また、上記実施形態では、投影光学系PL

が複数のレンズエレメントからなる屈折光学系である場合について説明したが、例えば投影光学系はレンズの代わりに一部ないし全部が反射型の要素から構成されていてもよい。また、投影光学系および照明光学系のN、

A、や、照明光学系の輪帯比、瞳フィルタ径は上記数値に限定されるものではなく、ライン系パターン露光時に、瞳フィルタ遮光部へ照明光が直接当たらないか、当たってもごくわずかであるような構成であればよい。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、10 ライン系、ホール系いずれのパターンに対しても良好な結像特性を発揮するとともに組み立て時の困難性を解消することができるという従来にない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る投影露光装置の全体構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】図1のレボルバー及びレボルバー駆動機構を拡大して示す正面図である。

【図3】図1の装置の制御系の概略構成を示すブロック図である。

【図4】瞳フィルタを用いた場合と、瞳フィルタを用いない場合との、種々のレチクルパターン露光時の空間像のシミュレーションによる計算結果の比較を示す図であ

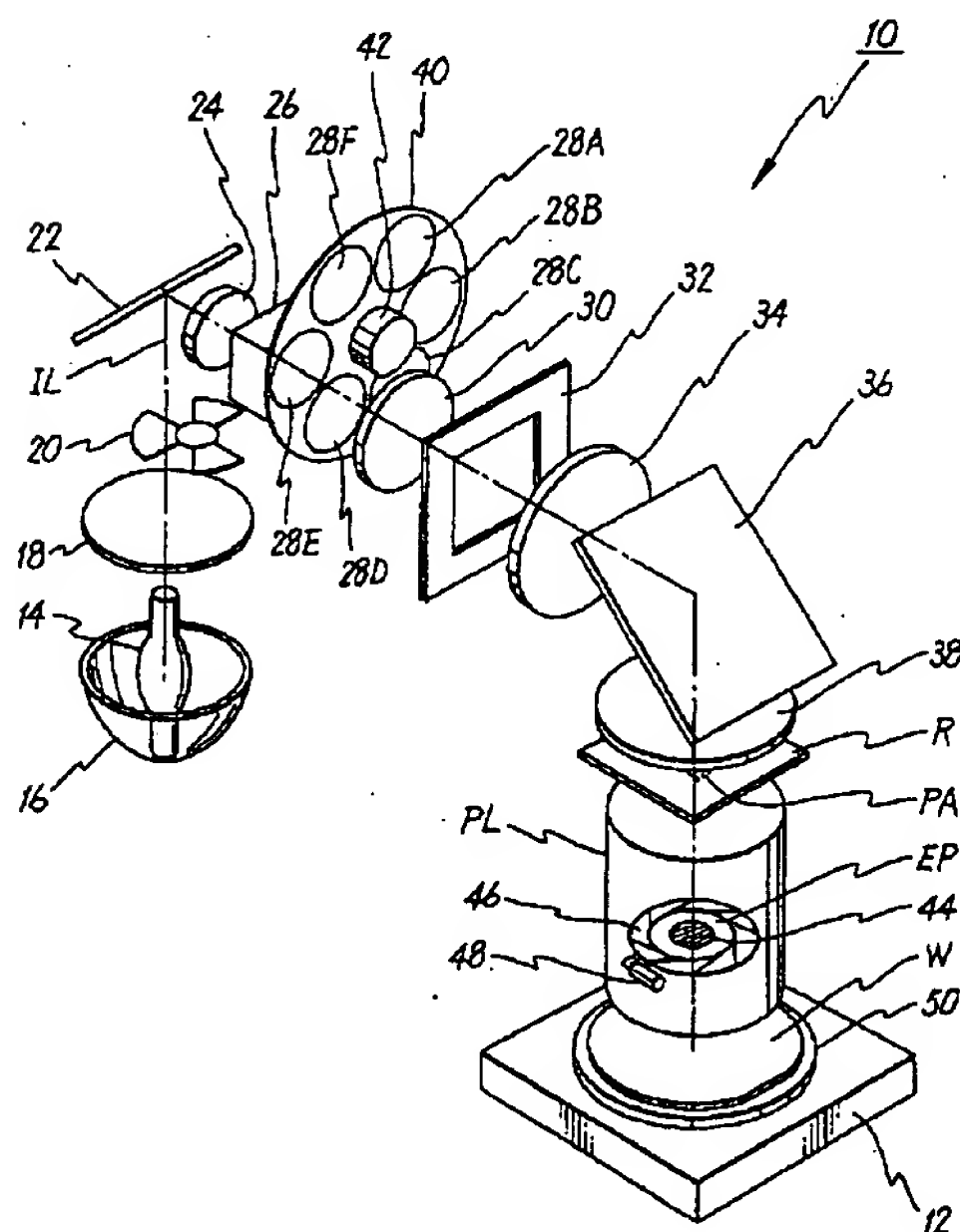
る((A)～(I))。

【図5】遮光部の透過率が6%であるようなハーフトーンレチクルを用いた場合の、図4に対応する空間像のシミュレーションによる計算結果の比較を示す図である。

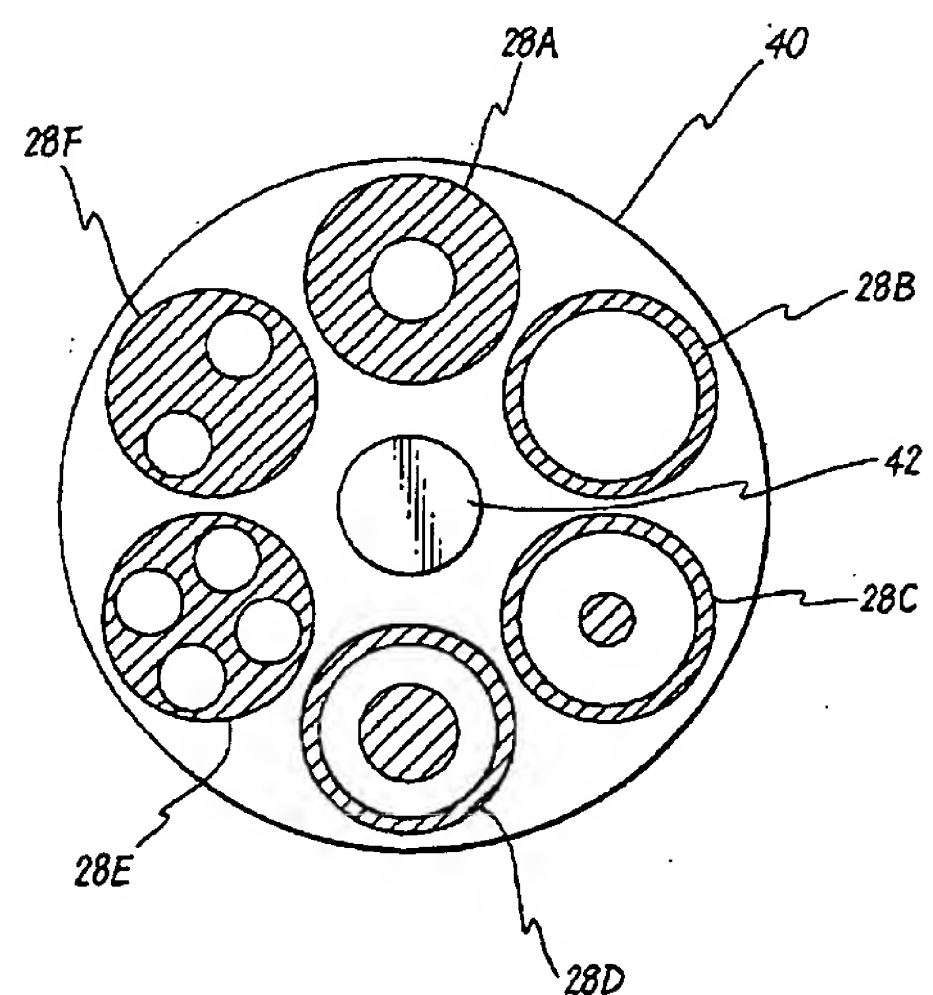
【符号の説明】

- 10 投影露光装置
- 14～38 照明系
- 28A、28B 円形開口絞り
- 28C、28D 輪帯状開口絞り
- 28 照明系開口絞り
- 40 レボルバー
- 42 レボルバー駆動機構
- 44 瞳フィルタ
- 46 開口絞り
- 48 絞り駆動機構
- 52 メインコンピュータ
- 54 コンソール
- 56 ディスク装置
- R レチクル
- PA パターン
- PL 投影光学系
- W 基板
- EP 瞳面

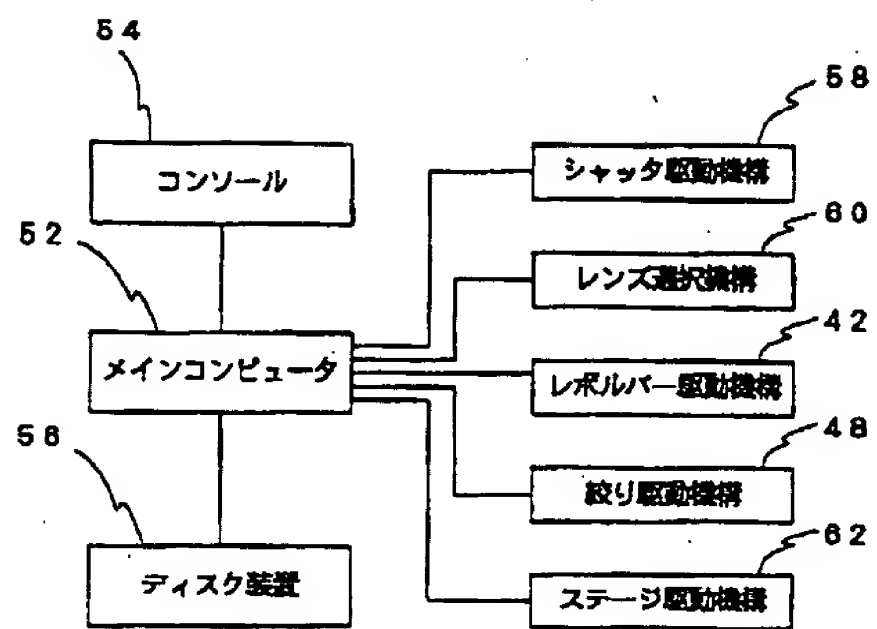
【図1】



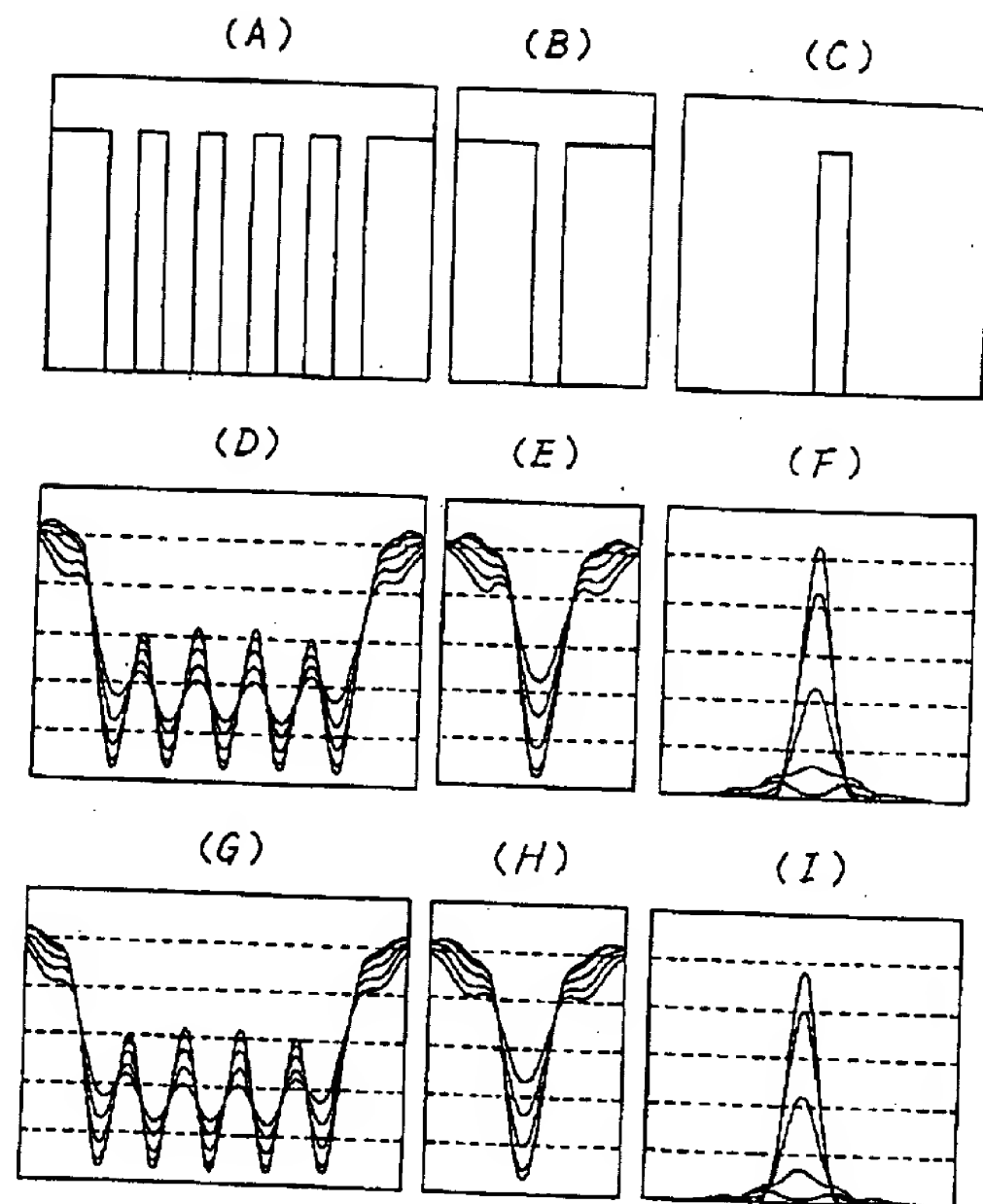
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

